Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 2, Summer. 2018, p. 511-523

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۵۲۳-۵۱۱

برآورد نیاز درجه- روز رشد مراحل فنولوژیک و رشد گل‌گاوزبان در تاریخ و تراکم‌های متفاوت

حدیث حسنوند[1*]- سید عطاءاله سیادت[2]- عبدالمهدی بخشنده[2]- محمدرضا مرادی تلاوت[3]- عادل پشت‌دار[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۲۳

چکیده

به‌منظور برآورد درجه- روز رشد مراحل فنولوژیک و رشد گل‌گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) در تاریخ و تراکم‌های متفاوت، پژوهشی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان اجرا شد. تیمارها شامل تاریخ کاشت به‌عنوان عامل اصلی (۱۵ مهر، ۵ آبان، ۲۵ آبان، ۱۵ آذر و ۵ دی) و تراکم (۶، ۱۰، ۱۴ و ۱۸ بوته در متر مربع) به‌عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که اثر تاریخ کاشت از نظر طول دوره‌های مختلف فنولوژیکی معنی‌دار گردید اما اثر تراکم بوته و برهمکنش تیمارها بر این صفت معنی‌دار نبود. بیشترین و کمترین درجه- روز رشد تجمعی از کاشت تا مراحل مختلف رشد به‌ترتیب مربوط به تاریخ کاشت ۱۵ مهر و ۵ دی بود. با تأخیر در کاشت میانگین تعداد روز و درجه- روز رشد تجمعی در اغلب مراحل فنولوژیک کاهش یافت. تأخیر در کاشت و کاهش تراکم موجب کاهش عملکرد گل گردید. لذا بیشترین عملکرد گل با میانگین ۷۲۰/۷ و ۵۸۶/۲ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب به تاریخ کاشت ۱۵ مهر و تراکم ۱۴ بوته در متر مربع تعلق داشت. همچنین برهمکنش تاریخ کاشت و تراکم بوته بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود. با توجه به همبستگی معنی‌دار عملکرد گل با درجه- روز رشد تجمعی، به‌نظر می‌رسد تنظیم تاریخ کاشت برای دریافت واحد حرارتی برای تکمیل مراحل رشد و نمو از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد.

واژه‌های کلیدی: خوزستان، شاخص سطح برگ، عملکرد گل، نیاز حرارتی، همبستگی

مقدمه

یکی از اهداف اصلی در زراعت‌های نوین، شناخت بهتر رشد و نمو گیاه زراعی برای استفاده بهینه از منابع محیطی و در نتیجه عملکرد بیشتر است. بررسی روند رشد و نمو گیاهان زراعی از جمله گل‌گاوزبان اروپایی در طول فصل رویشی این امکان را به‌وجود می‌آورد که مراحل حساس حیات گیاه به تنش‌های محیطی، شناسایی شده و مدیریت بهینه و به‌هنگام برای آنها در جهت دستیابی به عملکرد بالا انجام شود. از آن‌جایی‌که شرایط آب و هوایی هر منطقه در فصول زراعی مختلف، متغیر است، تعیین زمان مراحل حساس رشد و نمو به شرایط نامطلوب محیطی مشکل می‌باشد. به‌ویژه عامل دمای محیط که تأثیر مهمی بر کلیه مراحل نموی و پدیده‌های فیزیولوژیکی و بیولوژیکی گیاه دارد (Amini *et al*., 2011). در این زمینه شناخت واکنش‌های نموی گل‌گاوزبان اروپایی (*borago officinalis* L.) به دما و نور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. گل‌گاوزبان اروپایی گیاهی یکساله، دولپه و متعلق به خانواده بوراژیناسه (*Boraginaceae*) است. منشأ گل‌گاوزبان اروپایی منطقه مدیترانه بوده و در حال حاضر به‌صورت وحشی در کشورهای اروپا و آمریکای شمالی رشد و نمو می‌کند (Naghdi-Badi *et al*., 2012). گل‌گاوزبان دارای خواص دارویی فراوانی است. این گیاه آرام‌بخش است، در کاهش استرس تأثیری فوق‌العاده دارد و غنی از مواد معدنی و سرشار از پتاسیم است. جوشاننده آن کاهش‌دهنده تب و نرم‌کننده سینه و دم کرده آن در افزایش شیر مادر مؤثر است (Wettasinghe and Shahidi, 2005).

۱- دانشجوی دکتری زراعت، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۲- استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۳- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۴- کارشناس مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
(*- نویسنده مسئول: Email: h1167.hasanvand@gmail.com)
DOI: 10.22067/gsc.v16i2.68494

تانن‌های موجود در گیاه خاصیت قابض‌کننده دارند و موسیلاژ آن عامل کمپلکس و ضد سرفه می‌باشد. از این گیاه در تسکین درد، برطرف نمودن اختلالات کلیه و مثانه، تصفیه و دهیدروژنه کردن خون، درمان التهاب روده، رماتیسم و عوارض ناشی از یائسگی و برونشیت استفاده می‌کنند (Chung *et al*., 2002).

فاکتورهای آب و هوایی، از جمله عوامل کنترل‌نشده‌ای می‌باشند که تغییرات هر یک از آنها در یک منطقه، باعث تغییرات در رشد و نمو گیاه می‌شوند، بنابراین ضروری است که به‌منظور بهره‌برداری از حداکثر پتانسیل تولید گیاهان، نیاز دمایی مراحل مختلف فنولوژی آنها تعیین گردد (Butler *et al*., 2002). از میان عوامل اقلیمی، رژیم دمایی و نور بیشترین تأثیر را بر مراحل مختلف نمو گیاهان دارد (Al-Doori, 2012). همچنین یکی از روش‌های مطالعه واکنش گیاه به تاریخ کاشت ارزیابی روش واحد دمایی می‌باشد و این روش بر این اساس استوار است که گیاهان برای رشد و نمو و نیز تکمیل دوره‌ی زندگی خود به دماهای معینی نیاز دارند و بر طبق اصل ثبات دما، گیاه زمانی به مرحله معینی از نمو خود می‌رسد که مقدار معینی دما از محیط دریافت کرده باشد، بنابراین در هر مرحله از رشد مقدار گرمای مشخصی که به‌صورت واحد دمایی یا درجه-روز رشد بیان می‌شود، مورد نیاز است و سرعت نمو هر گیاه به دما بستگی دارد (Naderi, 2013). بنابراین موفقیت در کشت و تولید یک محصول معین در یک منطقه تنها به دمای مطلق بستگی ندارد، بلکه به مقدار و مدت استمرار دمای بالا یا پایین و مطلوب که مراحل نمو را تحت تأثیر قرار می‌دهد، فتوپریود و تاریخ کاشت، ارتباط دارد (Amini *et al*., 2011). از مهمترین مزیت‌های تعیین فنولوژی یک گیاه استفاده بهینه از عوامل اکولوژی در جهت افزایش عملکرد آن می‌باشد، زیرا با توجه به آمار هواشناسی در هر منطقه و تعیین نیاز دمایی هر مرحله فنولوژی و کل دوره رشد گیاه می‌توان بسیاری از مسائل به‌زراعی از جمله تاریخ کاشت مناسب، زمان مناسب مبارزه با آفات و بیماری‌ها و تراکم مناسب بوته در بهترین زمان ممکن را تشخیص و به تولید بیشتر محصول دست یافت. تأخیر در کاشت می‌تواند با کاهش طول دوره‌های حساس گیاه مانند گلدهی و پرشدن دانه به کاهش پتانسیل تولید و در نتیجه منجر به کاهش عملکرد گل شود (Koocheki and Nasiri-Mahalati, 1992). ابراهیمی و همکاران (Ebrahimi *et al*., 2010) نشان دادند که کاهش عملکرد گل در گل‌گاوزبان اروپایی به‌واسطه تأخیر در کاشت مربوط به کاهش یافتن طول دوره رشد است.

تراکم گیاه نیز یکی از مهمترین جنبه‌های زراعی می‌باشد که با اثر مستقیمی که بر جذب انرژی خورشیدی و آب دارد رشد و نمو و عملکرد محصول زراعی را متأثر می‌کند (Salehi and Bohrani, 2000). کاشت محصول در تراکمی بایست صورت گیرد که گیاه به‌خوبی سبز شده، استقرار یافته و در هر یک از مراحل رشد فضای کافی جهت بیشترین استفاده از منابع طبیعی و محیطی را داشته باشد و تا حد امکان با شرایط نامساعد روبه‌رو نشود، بدین ترتیب تعیین تراکم مناسب گیاهی، نیازمند آگاهی کامل از ویژگی‌های فیزیولوژیکی و مراحل فنولوژیکی گیاه، همچنین ارتباط آن با عوامل محیطی می‌باشد (Khajehpour, 2014). تأثیر تراکم بوته بر روی مراحل فنولوژیکی در گیاهان دارویی همیشه‌بهار (Ameri, 2014) و سیاهدانه (Amir-Moradi and Rezvani-Moghadam, 2011) مورد مطالعه قرار گرفته است. طباطبایی و همکاران (Tabatabaie *et al*., 2015) عقیده داشتند که تراکم کاشت بر عملکرد گل خشک معنی‌دار است. همچنین گزارش کردند که با کاهش فاصله ردیف، عملکرد گل در متر مربع افزایش یافت. به‌طوری که فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر با عملکرد ۷۷۸/۴ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد گل را در گل‌گاوزبان داشت. در آزمایشی عشوری و همکاران (Ashori *et al*., 2014) اثر تراکم‌های ۲ تا ۸ بوته در متر مربع را روی عملکرد و اجزای عملکرد گل در گل‌گاوزبان اروپایی بررسی کردند. در این آزمایش، تراکم اثر معنی‌داری بر عملکرد گل خشک داشت، به‌طوری که تراکم ۶ بوته در متر مربع بیشترین عملکرد گل (۷۹۱/۲ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد.

با توجه به اینکه پژوهش‌های کمی در مورد ارزیابی گل‌گاوزبان اروپایی انجام شده و تاکنون تحقیقی در مورد ارزیابی صفات فنولوژیک گل‌گاوزبان اروپایی در رابطه با درجه- روز رشد تجمعی در ایران مشاهده نشده، لذا این آزمایش با هدف برآورد درجه- روز رشد مراحل فنولوژیکی و رشد گل‌گاوزبان اروپایی در تاریخ و تراکم‌های متفاوت در شرایط آب و هوایی اهواز، برای استفاده بهینه از عوامل اقلیمی و مدیریت زراعی موفق گل‌گاوزبان اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان اجرا گردید. این منطقه با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و طول ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۲۲ متر از سطح دریا قرار دارد که از مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌آید و متوسط بارندگی منطقه ۱۶۹ میلی‌متر است. اطلاعات هواشناسی محل اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل پنج تاریخ کاشت (۱۵ مهر، ۵ آبان، ۲۵ آبان، ۱۵ آذر و ۵ دی ماه) و چهار تراکم (۶، ۱۰، ۱۴ و ۱۸ بوته در متر مربع) به‌ترتیب به‌عنوان فاکتور اصلی و فرعی در نظر گرفته شدند. هر کرت، به طول ۳ متر و عرض ۴ متر در نظر گرفته شد. کرت‌های فرعی شامل ۸ ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از

یکدیگر بودند. با توجه به آزمون خاک (جدول ۲)، کود فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل (۷۵ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت پایه و ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره بود. یک دوم کود اوره به صورت پایه و مابقی به صورت سرک در مرحله ۶-۴ برگی به خاک افزوده شد.

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی ایستگاه تحقیقاتی دهخدا طی مدت اجرای آزمایش (سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵)

Table 1- Meteorological data of Dehkhoda research station during the experiment (2016-2017)

ماه Month	دمای حداقل Minimum temperature (◦C)	دمای حداکثر Maximum temperature (◦C)	میانگین دما Mean temperature (◦C)	بارندگی Rainfall (mm)	ساعات آفتابی Sunny hours (h)	تبخیر Evaporation (mm)
October مهر	14.1	29	27.8	1.1	8.1	7.5
November آبان	14.1	31.8	23	0	7.6	5.4
December آذر	6.7	21	13.9	0.6	6.7	3.1
January دی	7.6	20.2	13.9	1.2	5.9	2.2
Febrile بهمن	5.6	19.5	12.5	0.2	6.1	2.8
March اسفند	10.1	25.4	17.7	0.4	7.4	1.4
April فروردین	16.5	31	23.8	0.1	5.4	7.1
May اردیبهشت	22	40.5	31.3	0.1	7.3	12.6

جدول ۲- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه محل آزمایش (عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری)

Table 2- Some physic-chemical characteristic of the soil in the field experiment (Depth of soil 0-30 cm)

بافت Texture	پتاسیم قابل جذب Available K (mg kg^{-1})	فسفر قابل جذب Available P (mg kg^{-1})	نیتروژن N (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS m^{-1})
Silty clay	214	7.2	0.05	0.76	7.4	3.6

بذور (تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان) در تاریخ‌های مورد نظر با تراکم ذکر شده در بالا در شیارهای ایجاد شده به عمق ۳-۲ سانتی‌متری کشت گردیدند. در مرحله ۵-۴ برگی جهت دستیابی به تراکم‌های مورد نظر بوته‌های سبز شده بر روی ردیف به فاصله ۳۳ سانتی‌متر (تراکم ۶ بوته در متر مربع)، ۲۰ سانتی‌متر (تراکم ۱۰ بوته در متر مربع)، فاصله ۱۴ سانتی‌متر (تراکم ۱۴ بوته در متر مربع) و فاصله ۱۲ سانتی‌متر (تراکم ۱۸ بوته در متر مربع) تنک گردیدند. وجین در طول دوره رشد تا بسته‌شدن کامل سایه‌انداز به‌صورت دستی انجام شد. اولین آبیاری به‌صورت کرتی و بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هفت روز یکبار تا پایان فصل رشد در هر پنج تاریخ کاشت ادامه یافت.

به‌منظور تعیین تاریخ کاشت دقیق مراحل فنولوژیکی گیاه (شامل تعداد روز و درجه-روز رشد تجمعی از کاشت تا شروع سبزشدن، شروع دو برگی، ظهور ساقه گل‌دهنده، شروع گلدهی، گلدهی کامل، شروع پرشدن دانه، پرشدن کامل و شروع برداشت) در طی فصل رشد در هر کرت فرعی با مراجعه ۳ روز یکبار ثبت گردیدند. سپس در هر کرت ۱۰ بوته به‌عنوان شاخص ثبت مراحل فنولوژیک تعیین و علامت‌گذاری شدند. در هر کرت، تاریخی که در آن مراحل فنولوژیک به بیش از ۵۰ درصد بوته‌های علامت‌گذاری شده مشاهده شد، به‌عنوان آن مرحله ثبت گردید. سپس بر اساس اطلاعات هواشناسی ایستگاه هواشناسی مقادیر واحد حرارتی با مقیاس درجه-روز رشد با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد:

$$GDD=\sum\left\{\frac{Tmax+Tmin}{2}\right\}-Tb \quad (معادله ۱)$$

در این رابطه GDD درجه-روز رشد، Tmax حداکثر دمای روزانه هوا، Tmin حداقل دمای روزانه هوا و Tb دمای پایه گل‌گاوزبان اروپایی (۸ درجه سانتی‌گراد، Derikvandi *et al*., 2013) بود. سپس درجه- روز رشد تجمعی اندازه‌گیری شد (Omidbeige, 2009). برای تعیین ارتفاع بوته، پنج بوته از ردیف‌های وسط کرت مورد شمارش و اندازه‌گیری قرار گرفتند. در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، برگ‌های ۳ بوته جدا گردید و سطح هر کدام از برگ‌ها به‌وسیله دستگاه سطح‌سنج برگی دیجیتالی محاسبه گردید. پس از آن با تقسیم سطح برگ‌های

موردنظر بر سطح زمین نمونه‌برداری شده، شاخص سطح بـرگ در آن مرحله برای هر کرت آزمایشی محاسبه شد. بعد از حذف اثر حاشیه‌ای، یک متر مربع از هر کرت انتخاب و عملکرد گـل خشـک در تـراکم و تاریخ‌های مختلف بر حسب کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد.

تجزیه واریانس صـفات آزمایشـی بـا اسـتفاده از نـرم‌افـزار SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حـداقل اخـتلاف معنـی‌دار LSD در سطح آماری پنج درصد انجام گرفت. جهت رسم منحنی‌ها و نمودارها از نرم‌افزار Excel (نسخه ۲۰۱۳) استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به درجه- روز رشد تجمعی برخی مراحل فنولوژیـک نشـان داد کـه تـاریخ‌هـای مختلـف کاشـت تـأثیر معنی‌داری در سطح احتمال خطای یک درصد داشتند. در حالی‌که اثـر تراکم و اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم بوته بر روی هیچ‌کدام از این مراحل تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین صفات فنولوژی نشان داد کـه درجـه- روز رشد تجمعی و تعداد روز از کاشت تا سبزشـدن در تـاریخ کاشـت اول (۱۵ مهر)، به‌ترتیب ۲۰۰/۶ درجه-روز رشد و ۸/۷ روز بوده است و بـا تأخیر در کاشت (تاریخ کاشت ۵ دی) بـه ۱۲۶/۶ درجـه- روز رشـد و ۲۱/۴ روز رسید (جدول ۴). بالاتر بودن میانگین دمای هوا در ابتـدای فصل رشد باعث شد که با افزایش دما، نمو تسریع‌یافته و دوره زمـانی رشد و نمو کوتاه گردد. در همین رابطه احمدی و همکاران (Ahmadi *et al*., 2012) اعلام نمودند که وقوع مرحله سبزشدن بـه طـول روز، درجه حـرارت، شـرایط آب و هـوایی بسـتگی دارد و تـأخیر در تـاریخ کاشت باعث کاهش میزان نیاز حرارتی این مرحله می‌شـود. بیشـترین درجه- روز رشد تجمعی مرحله ۲ بـرگ حقیقـی بـا میـانگین ۱۴۹/۵ درجه-روز رشد و ۷/۹ روز به تاریخ کاشت ۱۵ مهـر تعلـق داشـت، در حالی که تاریخ کاشت ۵ دی با میانگین ۹۶/۹ درجـه- روز رشـد و بـا مدت ۲۴/۴ روز کمترین مقدار این صـفت را بـه خـود اختصـاص داد. همچنین تاریخ کاشت ۵ دی با تاریخ کاشت ۲۵ آبـان در یـک گـروه آماری قرار گرفت (جدول ۴).

در بررسی خصوصیات رویشی و زایشی گـل‌گاوزبـان اروپـایی در شرایط آب و هوایی مشهد، مدت زمان از شـروع سبزشـدن تـا شـروع دوبرگ حقیقی را میانگین ۱۵ روز گزارش کـرده‌انـد (Nasiri *et al*., 2013). جدول مقایسه میانگین نشان داد که بین تـاریخ کاشـت‌هـای مختلف میزان درجـه- روز رشـد در مرحلـه ظهـور سـاقه گـل‌دهنـده متفاوت بوده و حداکثر درجه- روز رشد مربـوط بـه تـاریخ کاشـت ۱۵ مهر با میانگین ۶۹۵/۸ درجه-روز رشد و ۵۱/۸ روز بود که با تأخیر در کاشت به‌علت کاهش میانگین دمای هوا، میـانگین درجـه- روز رشـد کاهش یافت (جدول ۴). میانگین تعداد روز از مرحله شـروع دو بـرگ حقیقی تا ظهور ساقه گـل‌دهنـده در شـرایط آب و هـوایی اهـواز، ۵۷ تاریخ‌های کاشت نیز از نظر درجه- روز رشد تجمعی در مرحلـه زمـان گلدهی اختلاف معنی‌داری داشتند. کـه ایـن امـر بـه‌علـت تفـاوت در میانگین دما در تاریخ کاشت‌های مختلف بود.

بیشترین درجه- روز رشد تجمعی در زمان گلدهی متعلق به تاریخ کاشت ۱۵ آذر با میانگین ۲۰۷/۴ درجه- روز رشد و تعداد ۱۱/۶ روز و ۱۵ مهر با میانگین ۱۹۸/۹ درجه- روز رشد و تعداد ۳۳ روز بود (جدول ۴). احتمالاً علت این افزایش به دلیل افزایش طول دوره برای تکمیل مراحل فنولوژیکی نبوده بلکه به دلیل برخـورد ایـن مرحلـه بـا دمـای بالاتر در تاریخ کاشت چهارم نسبت بـه تـاریخ کاشـت اول اسـت. در شرایط آب و هوایی یاسوج نیز با تأخیر در تاریخ کاشت نسبت به تاریخ کاشت نرمال، به دلیل افزیش دما در مراحل پایانی رشد، رشد رویشـی و زایشی گیاه و تعداد روز از کاشت تا رسیدگی، کاهش یافـت (Fathi *et al*., 2001). تحقیقات دیگر نیز نشان داد که در مقایسه بـا تـاریخ کاشت‌های دیرتر، دمای تجمعی در بیشتر مراحل فنولوژیکی در تـاریخ کاشت نرمال بیشتر است (Sikder, 2009). روز گـزارش شـده اسـت (Derikvandi *et al*., 2013).

نتایج تاریخ کاشت‌های تأخیری (۱۵ آذر و ۵ دی) نشان داد که بـا تأخیر در کاشت به‌دلیل کاهش طول دوره رشـد، نیـاز حرارتـی بـرای مرحله گلدهی کامل کاهش می‌یابد به‌طوری که کمترین درجـه- روز رشد تجمعی در این مرحله بـا میـانگین ۱۲۴/۹ درجـه- روز رشـد بـه تاریخ کاشت ۵ دی با ۹/۶ روز و بیشترین درجه- روز رشد تجمعی بـه تاریخ کاشت اول با میانگین ۲۰۰/۳ درجه- روز رشد و متوسط ۲۸ روز تعلق داشت (جدول ۴). در بررسی صفات فنولوژیکی شش تـوده و دو رقم اصلاح شده گل‌گاوزبان اروپـایی در شـرایط آب و هـوایی اهـواز، طول دوره گلدهی کامل ۳۳ روز گزارش گردید (Derikvandi *et al*., 2013).

بر اساس جدول مقایسه میانگین از بـین ۵ تـاریخ کاشـت، تـاریخ کاشت ۵ آبان با میانگین ۲۵۷/۳ درجه- روز رشـد در مـدت ۱۹/۱ روز بیشترین و تاریخ کاشت ۵ دی با میانگین ۱۳۶/۹ درجه- روز رشـد در مدت ۸/۳ روز کمترین نیاز حرارتی را در مرحله شروع پرشدن دانه بـه خود اختصاص دادند (جدول ۴). پایین بودن میانگین درجه- روز رشـد تجمعی در این مرحله احتمالاً به‌دلیل کوتاهی دوره رشد مـذکور بـوده که در روزهای کمتری وارد مرحله پرشدن شده است. در کشـت‌هـای تأخیری، گرمای آخر فصل باعث رسیدگی سریع گیـاه، کوتـاهی دوره پرشدن دانه و ممانعت از انتقـال بهینـه مـواد فتوسـنتزی بـه دانـه‌هـا می‌گردد (Khayat, 2009). بیشترین نیاز حرارتی مرحله پرشدن کامل معادل ۶۲۷/۱ درجه- روز رشد در مدت ۲۵/۸ روز در تاریخ کاشت ۱۵ مهر به‌دست آمد و در حالی‌که کمترین این صفات در تاریخ کاشـت ۵ دی به‌دست آمد.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده در گل‌گاوزبان اروپایی تحت تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته

Table 3- Analysis of variance (MS) of measured characteristics in borage as affected by sowing date and plant density

منبع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات (MS)											
		شروع سبز شدن Emergence initiation	شروع ۲ برگ حقیقی 2 true leaves initiation	ظهور ساقه گلدهنده Flowering stem emergence	شروع گلدهی Flowering initiation	گلدهی کامل Full flowering	شروع پرشدن دانه Seed fill initiation	پرشدن کامل Complete fill	شروع برداشت بذر Seed harvesting initiation	کل فصل رشد Total growth season	ارتفاع بوته Plant height	شاخص سطح برگ LAI	عملکرد گل خشک Dried flower
Replication تکرار	2	174.96^{ns}	118.66^{ns}	1689.66^{ns}	139.32^{ns}	186.26^{ns}	224.89^{ns}	868.68^{ns}	51.13^{ns}	5834.48^{ns}	231.80^{ns}	0.09^{ns}	5413.16^{ns}
Sowing date تاریخ کاشت	4	14087.86**	6736.89**	408197.82**	31462.67**	9851.66**	24058.60**	455762.81**	5317.98**	16824.99**	2104.77**	4.64**	298599.78**
Error a خطای اصلی	8	148.83	141.67	1493.18	135.30	184.81	172.46	722.55	26.61	2202.47	138.36	0.05	10071.88
Plant density تراکم بوته	3	173.55^{ns}	201.59^{ns}	1702.98^{ns}	161.51^{ns}	126.38^{ns}	107.20^{ns}	651.62^{ns}	74^{ns}	6269.14^{ns}	615.17**	0.62*	278722.90**
Sowing date × Plant density تاریخ کاشت × تراکم بوته	12	180.67^{ns}	163.96^{ns}	1687.80^{ns}	232.84^{ns}	154.57^{ns}	206.33^{ns}	643.93^{ns}	20.81^{ns}	3470.22^{ns}	110.19^{ns}	0.48**	7492.88^{ns}
Error b خطای فرعی	30	183.13	146.32	1542.10	206	185.63	171.72	676.06	29.80	2936.62	112.38	0.15	8019.67
CV (%) ضریب تغییرات	-	8.30	9.72	8.11	9.14	8.06	6.21	7.98	7.15	3.17	11.97	13.90	19.23

ns،* و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال خطای پنج و یک درصد

ns, * and **: Non-significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

جدول ٤- مقایسه میانگین مراحل فنولوژیک در گل‌گاوزبان اروپایی تحت اثر تاریخ کاشت

Table 4- Mean comparison of phonologic stages in borage as affected by Sowing date

تاریخ کاشت Sowing date	تعداد روز و درجه روز-رشد تجمعی Number of Day and Growth Degree– Day accumulation (GDD)									
	روز از کاشت تا سبزشدن From planting to emergence	درجه روز- رشد تجمعی (GDD)	روز از سبزشدن تا شروع ۲ برگ حقیقی From emergence to 2 true leaves initiation	درجه روز- رشد تجمعی (GDD)	روز از شروع ۲ برگ حقیقی تا ظهور ساقه گل‌دهنده From 2 true leaves initiation to flowering stem emergence	درجه روز- رشد تجمعی (GDD)	روز از ظهور ساقه گل‌دهنده تا شروع گلدهی From stem emergence to flowering initiation	درجه روز- رشد تجمعی (GDD)	روز از شروع گلدهی تا گلدهی کامل From beginning flowering to full flowering	درجه روز- رشد تجمعی (GDD)
15 October ۱۵ مهر	8.7e	200.6a	7.9e	149.5a	51.8c	695.8a	33a	198.9a	28a	200.3a
5 November ۵ آبان	12.9d	191.1a	11.9d	136.7b	66.5a	498.1b	25.1b	112.8c	16.7b	186.3b
25 November ۲۵ آبان	15.3c	167.3b	17.3c	101.2c	65b	452.4b	13.5c	171.9b	14.6c	171.2c
15 December ۱۵ آذر	19.2b	129.1c	22.7b	137.6b	48.7d	338.9c	11.6d	207.4a	12.3d	161.7c
5 January ۵ دی	21.4a	126.6c	24.4a	96.9c	51.4c	301.3d	6.7e	93.6d	9.6e	124.9d
LSD (0.05)	1.3	11.48	1.2	11.2	1.1	37.1	1.32	10.9	1.28	12.79

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار ندارند

Means with the same letters in each column are not significantly different

ادامه جدول٤ -
Table 4- continued

تاریخ کاشت Sowing date	روز از گلدهی کامل تا شروع پرشدن دانه From full flowering to beginning seed fill	درجه روز- رشد تجمعی (GDD)	روز از شروع پرشدن دانه تا پرشدن کامل From beginning seed fill to complete fill	درجه روز- رشد تجمعی (GDD)	روز از پرشدن کامل دانه تا شروع برداشت بذر From complete fill to beginning seed harvesting	درجه روز- رشد تجمعی (GDD)	تعداد روز در کل فصل رشد Number of days total growth season	درجه روز- رشد تجمعی (GDD)
	تعداد روز و درجه روز-رشد تجمعی Number of day and Growth Degree – Day accumulation (GDD)							
15 October ۱۵ مهر	13.5b	229.4b	25.8a	627.1a	7.1a	103.1a	181.6a	2450.1a
5 November ۵ آبان	19.1a	257.3a	19.1b	418.3b	5.7b	85.5b	171.6b	1877.8b
25 November ۲۵ آبان	13.1b	217.4bc	13.1c	212.7c	5.1b	79.4c	157.2c	1573.7c
15 December ۱۵ آذر	10.5c	214.1c	9.5d	197.4cd	4.5b	66.6d	142.3d	1452.9d
5 January ۵ دی	8.3d	136.9d	7.3e	173.3d	4.5b	46.9e	131.8e	1100.7e
LSD (0.05)	1.88	12.36	1.24	25.3	1.17	4.8	5.29	54.63

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار ندارند
Means with the same letters in each column are not significantly different

تأثیر تاریخ‌های کاشت بـر در درجـه- روز رشـد تجمعـی مراحـل شروع و پایان پرشدن دانه یکسان بود. نتـایج نشـان داد بـا تـأخیر در کاشت نیاز حرارتی و مـدت زمـان لازم بـرای برداشـت گـل‌گاوزبـان اروپایی کاهش می‌یابد. به‌طوری که بیشترین نیـاز حرارتـی در تـاریخ کاشت ۱۵ مهر با میانگین ۱۰۳/۱ درجه- روز رشد در مدت ۷/۱ روز و کمترین مقدار در تاریخ کاشـت ۵ دی بـا میـانگین ۴۶/۹ درجـه- روز رشد در مدت ۴/۵ روز به‌دست آمد. همچنین با تـأخیر در کاشـت، بـه علت گرمای آخر فصل تمامی تاریخ‌های کاشت به‌جز تاریخ کاشت ۱۵ مهر، تقریباً رسیدگی یکسانی داشتند (جدول ۴).

نتایج جدول مقایسه میانگین نیز نشان داد که بیشترین نیاز حراتی کل فصل رشد در تاریخ کاشـت ۱۵ مهـر بـا ۲۴۰۵/۱ درجـه- روز در مدت ۱۸۱/۶ روز و کمترین نیاز حرارتی با میـانگین ۱۱۰۰/۷ درجـه- روز و با ۱۳۱/۸ تعداد روز در تاریخ کاشت ۵ دی به‌دست آمـد (جـدول ۴). یکی از دلایـل اصـلی کـاهش یـا افـزایش درجـه- روز رشـد در تاریخ‌های کاشت ذکر شده عمدتاً به این دلیل است که چنانچـه گیـاه در زمان مناسب کشت شود، متوسط درجه حرارت مـورد نیـاز خـود در مدت زمان کوتاه‌تری دریافت کرده و مراحـل رشـد خـود را در مـدت زمان مناسب و با درجه حرارت مطلوب‌تری سپری می‌نماید. بـالعکس با تأخیر در تاریخ کاشت گیاه حرارت مورد نیاز خـود را در هـر یـک از مراحل رشدی در مدت زمان طولانی‌تری دریافت کرده و در نتیجه هر یک از مراحل رشد به‌دلیل برخورد بـا شـرایط نامسـاعد کـاهش و در نهایت گیاه درجه- روز رشد مناسب را جهـت اتمـام طـول دوره رشـد خود کسب نمی‌نماید. از این رو، کاهش درجه- روز رشد در دو تـاریخ کاشت ۱۵ آذر و ۵ دی عمدتاً حاصل عوامل نامطلوب فوق مـی‌باشـد. نتیجه آزمایشات مختلف نشان دادند که طول کل دوره فصل رشـد در گل‌گاوزبان اروپایی به‌ترتیب ۱۱۰ روز در شرایط آب و هـوایی مشـهد (Nasiri *et al*., 2013) و ۱۱۳ روز در شـرایط آب و هـوایی اهـواز (Derikvandi *et al*., 2013) بوده است.

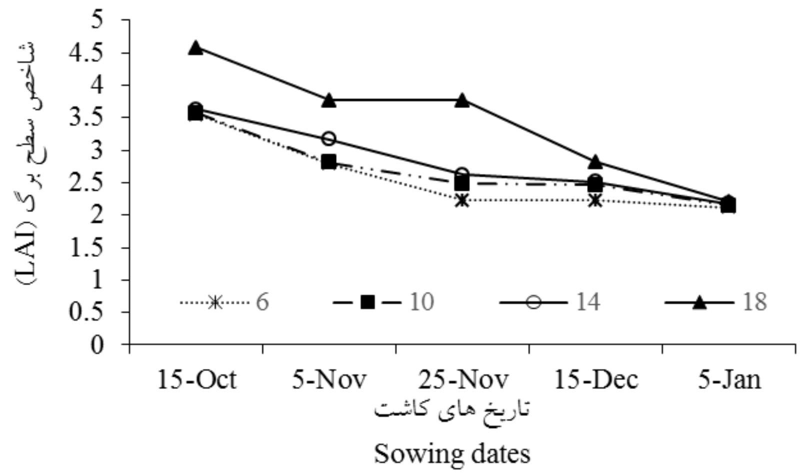
در جمع‌بندی نهایی تعیین تـاریخ کاشـت مناسـب بـرای رشـد و توسعه گیاه برای اجتناب از درجه حرارت پایین در زمان کاشت و درجه حرارت بـالا در دوره گلـدهی و پرشـدن ضـروری اسـت. بـر اسـاس یافته‌های به‌دست آمده در این پژوهش در کشت‌های تأخیری آذرماه و دی‌ماه از یک طرف مرحله سبز شدن و توسعه بـرگ‌هـا بـا سـرمای دی‌ماه و بهمن‌ماه مواجه شد و سبب کنـدی رشـد گردیـد و از طـرف دیگر مراحل حساس دوره گلـدهی و پرشـدن دانـه بـا تـنش گرمـای اسفندماه و فروردین ماه مواجه و سبب کاهش شـدید عملکـرد گـل و

دوره رویشی و زایشی شد. بنابراین توصیه می‌شود از کشت گل‌گاوزبان اروپایی در ماه‌های آذر و دی اجتناب گردد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاریخ کاشت و تراکم بوته اثر معنی‌داری روی ارتفاع بوته داشتند، اما برهمکنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). با تأخیر در تاریخ کاشت از ارتفاع بوته‌ها کاسته شد. در تاریخ کاشت ۱۵ مهر ارتفاع بوته‌ها ۱۰۰/۵ سانتی‌متر (بلندترین) ولی در تاریخ کاشت ۵ دی ۶۷/۶ سانتی‌متر (کوتاه‌ترین) بود (جدول ۵). تأخیر در زمان کاشت و کوتاهی طول دوره رشد موجب شد گیاه فرصت کافی برای ذخیره کردن مواد غذایی پیدا نکند و ارتفاع بوته کاهش یابد (Ebrahimi *et al*., 2010). احتمالاً افزایش ارتفاع گل گاوزبان در تاریخ کاشت اول به‌دلیل طولانی بودن فصل رشد، دریافت درجه- روز رشد بیشتر، رشد رویشی بهتر و در نتیجه فرصت کافی جهت افزایش طول میانگره است.

بیشترین ارتفاع بوته به‌ترتیب در تراکم‌های سوم (۹۳/۸ سانتی‌متر) و چهارم (۹۱/۱ سانتی‌متر) و دوم (۸۹/۲ سانتی‌متر) بود که اختلاف معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد و کمترین مقدار ارتفاع بوته (۷۹/۲ سانتی‌متر) از تراکم اول به‌دست آمد (جدول ۵). یکی از دلایل افزایش ارتفاع بوته به‌موازات افزایش تراکم بوته در واحد سطح می‌تواند ناشی از رقابت بوته‌های گل‌گاوزبان برای استفاده از تشعشع خورشیدی باشد. در تراکم‌های بالا نفوذ نور به داخل سایه‌انداز گیاهی کاهش و رقابت بین بوته‌ها برای بهره‌مندی از نور خورشید افزایش می‌یابد، لذا گیاه برای فرار از سایه مجبور به افزایش فاصله میانگره می‌شود (Tazeh *et al*., 2015).

شاخص سطح برگ تحت اثر تیمارهای تاریخ کاشت، تراکم بوته و اثر متقابل آنها تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۲). اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم بوته نشان داد که تاریخ کاشت ۱۵ مهر در تراکم ۱۸ بوته در متر مربع با میانگین ۴/۵ بیشترین و تاریخ کاشت ۵ دی با تراکم ۶ بوته در متر مربع با میانگین ۲/۱ کمترین شاخص سطح برگ را به خود اختصاص داد (شکل ۱).



شکل ۱- تغییرات شاخص سطح برگ در تاریخ‌های مختلف کاشت در تراکم‌های مورد آزمایش

Figure 1- Variation of LAI at different sowing date in experimental densities

به‌نظر می‌رسد با تأخیر در کاشت به‌ویژه در تاریخ‌های کاشت ۱۵ آذر و ۵ دی، با کاهش تعداد روز و درجه- روز رشد تجمعی مراحل فنولوژی تولید و توسعه برگ‌های جدید تحت تأثیر قرار گرفته است و پیامد آن کاهش شاخص سطح برگ بوده است. احتمالاً دلیل این امر مواجه شدن با دمای بالا و در نتیجه کاهش شاخص سطح برگ نسبت به تاریخ کاشت ۱۵ مهر و ۵ آبان باشد (Rahimi *et al*., 2009). در این آزمایش با افزایش تراکم شاخص سطح برگ افزایش یافت که با مطالعات سایر محققان در گیاه دارویی نعناع مطابقت داشت (Zehtab-Salmasi *et al*., 2008).

در گیاه دارویی گل‌گاوزبان، محصول اقتصادی مورد نظر عملکرد گل در واحد سطح است و مدیریت زراعی بایستی به‌گونه‌ای باشد که حداکثر میزان تولید گل حاصل شود. نتایج نشان داد که تیمارهای تاریخ کاشت و تراکم بوته بر عملکرد گل اثر معنی‌داری داشته ولی اثر متقابل آنها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیشترین و کمترین عملکرد گل به‌ترتیب مربوط به تاریخ کاشت ۱۵ مهر (۷۲۰/۷ کیلوگرم در هکتار) و ۵ دی (۳۰۶/۵ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۵). زیاد بودن عملکرد گل در تاریخ کاشت‌های زودتر احتمالاً به دلیل طولانی‌تر بودن فصل رشد، استفاده از شرایط اقلیمی مناسب اوایل رشد و درجه- روز رشد بالا باشد. به‌نظر می‌رسد که تأخیر در کشت از طریق کوتاه کردن فصل رشد و کاهش پتانسیل فتوسنتزی گیاه و مصادف شدن دوره گلدهی با دماهای بالای اواخر اسفند و اوایل فروردین باعث از بین رفتن گل‌های گل‌گاوزبان شده و عملکرد گل

خشک کاهش یافت (Galavi *et al.*, 2007). تحقیقات سپهری و همکاران (Sepehri *et al.*, 2015) نشان داد که کاهش دوره رشد در اثر تأخیر در کاشت، باعث کاهش عملکرد گل می‌شود. تاریخ کاشت‌های انتهایی با بنیه رشدی ضعیف‌تر و همچنین ارتفاع بوته کمتر وارد مرحله گلدهی گردیده که در نتیجه کاهش عملکرد را نیز به دنبال داشت. همبستگی این صفت با عملکرد گل مثبت و بالا (**۰/۴۷) بوده است که نشان می‌دهد که تاریخ کاشت زودتر ارتفاع بوته بیشتر، عملکرد بیشتری به دنبال دارد.

با توجه به اینکه گل‌گاوزبان گیاهی رشد نامحدود است، تنظیم تراکم مناسب بوته به‌خصوص در دوره رشد زایشی از اهمیت زیادی برخوردار است (Tabatabaie *et al.*, 2011). افزایش تراکم و در نتیجه تعداد بوته بیشتر در واحد سطح عامل اصلی برتری تراکم ۱۴ بوته در متر مربع در میزان گل تولیدی در واحد سطح و در نتیجه برتری عملکرد گل نسبت به دیگر تراکم‌ها است (Marisol-Berti *et al.*, 2003). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد گل به میزان تقریبی ۵۸۶/۲ کیلوگرم در هکتار در تراکم ۱۴ بوته در متر مربع به‌دست آمد (جدول ۵). تراکم مناسب (۱۴ بوته در متر مربع) به‌دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح، عملکرد گل بالاتری به‌دنبال دارد (Jamshidi, 2008). افزایش بیش از حد تراکم به‌دلیل محدود شدن فضا برای رشد تک بوته و افزایش رقابت، کاهش عملکرد گل را به دنبال دارد. این نتایج بیانگر تأثیرپذیری تولید گل‌گاوزبان از عوامل محیطی و مدیریت به‌زراعی بود که با نتایج عشوری‌لتمحله و همکاران (Ashoori-Latmahalleh *et al.*, 2011) روی گل‌گاوزبان ایرانی مطابقت داشت.

در گل‌گاوزبان اروپایی مورد مطالعه، فرض ارتباط فیزیولوژیک عام و مطلق، بین درجه- روز رشد تجمعی مراحل فنولوژیک با عملکرد گل تأیید می‌شود. همبستگی عملکرد گل با ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، مراحل شروع سبزشدن، شروع ۲ برگ حقیقی، ظهور ساقه گل‌دهنده، گلدهی کامل، شروع پرشدن دانه، پرشدن کامل و شروع برداشت در سطح احتمال یک درصد و با مرحله شروع گلدهی در سطح احتمال پنج درصد مثبت و معنی‌دار بود. بنابراین تغییر در این صفات می‌تواند بر عملکرد گل اثر قابل توجهی داشته باشد. ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ نیز با تمامی مراحل فنولوژی دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بود (جدول ۶). ضرایب همبستگی مربوط به سایر صفات در جدول ۶ منعکس شده است.

جدول ٦- نتایج همبستگی بین عملکرد گل، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ و مراحل فنولوژیک در گل‌گاوزبان اروپایی

Table 6- Correlation among flower yield, plant height, LAI and pheenologic stages of Borage

صفات فنولوژیک Pheenologic traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
عملکرد گل (1) Flower yield	1										
ارتفاع بوته (2) Plant height	0.47**	1									
شاخص سطح برگ (3) LAI	0.65**	0.48**	1								
شروع سبزشدن (4) Emergence initiation	0.52**	0.55**	0.56**	1							
شروع ۲ برگی حقیقی (5) 2 true leaves initiation	0.37**	0.43**	0.41**	0.43**	1						
ظهور ساقه گل‌دهنده (6) Flowering stem emergence	0.60 **	0.53**	0.72**	0.80 **	054 **	1					
شروع گلدهی (7) Flowering initiation	0.27*	0.33**	0.32**	0.12 ns	0.43**	0.34**	1				
گلدهی کامل (8) Full flowering	0.61**	0.61**	0.57**	0.75**	0.60**	0.76**	0.44**	1			
شروع پرشدن دانه (9) Seed fill initiation	0.39**	0.62**	0.50**	0.65**	0.58**	0.56**	0.36**	0.75**	1		
پرشدن کامل (10) Complete fill	0.67**	0.56**	0.72**	0.80**	0.64**	0.88**	0.22 ns	0.75**	0.53**	1	
شروع برداشت (11) Seed harvesting initiation	0.57**	0.63**	0.68**	0.83**	0.61**	0.87**	0.45**	0.82**	0.78**	0.82**	1

نتیجه‌گیری

در شرایط اقلیمی اهواز، با تأخیر در کاشت گل‌گاوزبان اروپایی بـه دلیل احتمال برخورد مراحل حساس فنولوژیک بـا شـرایط نامساعد محیطی، طول دوره و درجه- روز رشد گیاه کاهش یافت و در نهایت منجر به کاهش عملکرد گل گردید. به‌نظر می‌رسد مواجه بـا گرمـا در اواخر فصل رشد، دلیل کاهش چرخه زندگی گیاه باشد. بر اساس نتایج این تحقیق، برای استفاده از پتانسیل محیطی در شرایط اقلیمی نظیـر اهواز برای دستیابی به عملکرد گل پایدار، کاشت گل‌گاوزبان اروپـایی در محدوده زمانی ۱۵ مهر قابل توصیه می‌باشد. در این تاریخ کاشـت بیشترین طول دوره رشد تا زمان برداشت مربوط به تاریخ کاشـت ۱۵ مهر با میانگین روز ۱۸۱/۶ و میانگین درجه- روز رشـد ۲۴۰۵/۱ بـود. این امر باعث شد مجموع درجه حرارت دریافتی توسط گیاه به نسـبت تاریخ کاشت‌های بعدی بیشتر باشد.

References

1. Ahmadi, A. R., Gharineh, M. H., Bakhshandeh, A. M., Fathi, Gh., and Naderi, A. 2012. Study of phenological and growth of canola cultivars to thermal unit accumulation in three planting dates Ahvaz climate. Journal of Plant Production 19 (4): 97-116. (in Persian with English abstract).
2. Al-Doori, S. 2012. Influence of sowing dates on growth, yield and quality of some flax genotypes (*Linum usitatissimum* L.). College of Educational Research Journal 12 (1): 733-746.
3. Ameri, A. A., Rabbani-Nasab, H., Jalilvand, M. R., and Imani, M. 2014. The survey on phenological stages, the effect of nitrogen fertilizer levels and plant density and stage of flower harvest on flower production, active ingredients of Marigold (*Calendula officinalis*). Journal of North Khorasan University of Medical Sciences 4: 57-66. (in Persian with English abstract).
4. Amini, A., Nader, A., and Lakzadeh, I. 2011. Investigation of phonological stages and grain yield of mid maturity wheat genotypes in Response to different Growth Degree– Day (GDD). The quarterly Academic Journal of Crop Physiology 10: 121-135. (in Persian with English abstract).
5. Amir-Moradi, Sh., and Rezvai-Moghadam, P. 2011. Effect of density and time of nitrogen use on morphological characteristics, phonological stages, yield and yield components of black currant (*Nigella sativa*). Journal of Horticulture (Agricultural Sciences and Technology) 25 (3): 351-360. (in Persian).
6. Ashoori-Latmahalleh, D., Noorhosseini-Niyak, S. A., and Safarzadeh-Vishekaei, M. N. 2011. Effects of plant density and planting pattern on yield and yield components of Iran ox-tongue (*Echium amoenum Fisch and Mey*) in North of Iran. Journal of Medicinal Plants Research 5 (6): 932-937.
7. Ashori, D., Hosseini, A. N., and Safarzadeh, M. N. 2014. Effect of plant density and planting arrangement on yield and yield components of (*Echium amoenum Fisch & Mey*) in Guilan province. Quarterly. Journal of Horticulture Science (Agricultural Sciences and Technology) 28 (2): 135-143. (in Persian).
8. Butler, T. J., Gerald, W. E., Hussey, M. A., and Lavery, J. R. 2002. Rate of leaf Appearance in Crimsou Clover. Crop Science 42: 237-241.
9. Chung, S., Kong, S., and Seong, K. Y. 2002. Gamma-linolenic acids in (*borago officinalis* L.) reverse epidermal hyperproliferation in guinea pigs. Journal of Nutrition 132 (10): 3090-3094.
10. Derikvandi, M., Mahmudi-Surstanti, M., Chehrazi, M., and Jafari, A. A. 2013. Study of phenological traits of some populations and cultivars of Borage (*Borago officinalis* L.) in Ahvaz climate. Second National Conference on Medicinal Plants and Sustainable Agriculture, Hamedan. (in Persian).
11. Ebrahimi, A., Moaveni, P., and Aliabadi-Farahani, H. 2010. Effects of planting dates and compost on mucilage variations in borage (*Borago officinalis* L.) under different chemical fertilization systems. International Journal of Biotechnology and Molecular Biology Research 1 (5): 58-61.
12. Fathi, Gh., Siadat, S. A., Roozbeh, N., Abdali-Mashhadi, A. R., and Ebrahimpour, F. 2001. Effect of planting date and seed density on yield and grain yield components of wheat Dena cultivar in Yasouj air condition. Journal of Agricultural Science and Natural Resources 8 (3): 77-65. (in Persian).
13. Galavi, M., Ramroudi, M., and Mansouri, S. 2007. Effect of sowing dates on yield, yield components and quality of isabgol (*Plantago ovata*) in Sistan region. Pajouhesh and Sazandegi in natural resources 77: 135-140. (in Persian).
14. Jamshidi, Kh. 2008. Effect of row spacing and plant density on quantitative aspects of chamomile flower (*Matricaria Chamomilla*). Iranian Journal of Agricultural Science 31: 203-209. (in Persian with English abstract).
15. Khajehpour, M., 2014. Fundamentals of Agriculture. Jihad University Publishing of Isfahan Press, 658 P.
16. Khayat, M., and Gohary, M. 2009. The sowing date effects on yield, yield components, growth index and phenological traits of canola in Ahwaz. Agricultural New Discoveries 3: 233-248. (in Persian).
17. Koocheki, A., and Nasiri-Mahalati, M. 1992. Agricultural Plants Ecology. Jihad University Publishing of Mashhad Press, 291 P.

18. Marisol-Berti, D., Rosemarie-wilckens, E., Felicitas-Hevia, H., and Alejandro-Montecino, Y. 2003. Influence of sowing date and seed origin on the of capitul (*Calendula officinalis* L.) during two growing seasons in Chili. Agricalture Technology 63 (1): 3-9.
19. Naderi, A. 2013. Efficiency of temperature unit and degree of cumulative growth of phonological stages and their relationship with yield of wheat genotypes. Journal of Crop Physiology (Islamic Azad University Ahvaz Branch) 18: 115-128. (in Persian).
20. Naghdi-Badi, H., Zainali-Mobarakeh, Z., Omidi, H., and Reza-Zadeh, S. 2012. Morphologic, agronomic and phytochemical changes in borage (*Borago officinalis* L.) as effected by chemical and biofertilizers. Journal of Medicinal Plants Research. 9: 145-156. (in Persian with English abstract).
21. Nasiri, S., Azizi, M., Arroi, h., Zandvifard, Z., and Shabani, Z. 2013. Evaluation of morphological, phenologic properties of Borage (*Borago officinalis* L.) medicinal properties cultivated under Mashhad Climate. First National Conference on Medicinal Plants and Sustainable Agriculture, Hamedan. (in Persian).
22. Omidbeige, R. 2009. Production and Processing of Medicinal Plants. Astan Quds Razavi Press, Mashhad. 347 P.
23. Rahimi, M., Nourmohammadi, Gh., and Ainehband, A. 2009. Effect of planting date and nitrogen on yield, yield components and effective ingredients of Lemon herb (*Linum usitatissimum* L.). Modern Agricultural Knowledge 5 (14): 22-13. (in Persian).
24. Salehi, F., and Bohrani, M. J. 2000. Sunflower summer planting yield as affected by plant populatino and nitrogen application rates. Iran Agriculture Research 18: 63-72.
25. Sepehri, A., Mehranrad, T., and Karami, A. 2015. Effect of planting date and plant density on yield, harvest index and calendic acid content of two varieties of marigold (*Calend ula officinalis* L.) in Arak. Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production 25 (1): 1-12. (in Persian).
26. Sikder, S. 2009. Accumulation heat unit and phonology of wheat cultivars as influenced by late sowing heat stress condition. Journal of Agriculture and Rural development 7 (1&2): 57-64.
27. Tabatabaie, R., Amini-Dehaghi, M., Shahmoradi, M., and Kaviani-Ahangar, F. 2011. Effects of planting date and different amounts of nitrogen fertilizer on the yield and yield components of two marigold varieties (*Calendula Officinalis* L.). Journal of Crop Science 5: 103-118. (in Persian with English abstract).
28. Tabatabaie, S. A., Zare, M., Zarezada, M., Yoosefi, M., and Soltani, M. 2015. Effect of phosphorous and plant density on economic yield of Iranian borage. Quarterly Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) 106: 178-184. (in Persian with English abstract).
29. Tazeh, K., Piri, I., and Mostafavi-Rad, M. 2015. Effects of plant density on flower, essential oil yield and some important agronomic indices of borage (*Borago officinalis* L.). Journal of Plant Production Research 22 (4): 87-100. (in Persian with English abstract).
30. Wettasinghe, M., and Shahidi, F. 2005. Fe (III) chelation activity of extract of borage and evening primrose meals. Food Research International 35: 65-71.
31. Zehtab-Salmasi, S., Heidari, F., and Alyari, H. 2008. Effect of microelements and plant density on biomass and essential oil production of peppermint (*Mentha piperita* L.). Plant Sciences Research 1 (1): 24-26.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 16, No. 2, Summer. 2018, p. 511-523

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۵۲۳-۵۱۱

Assessment of Required Growing Degree Days Phenologic Stages and Growth of Borage in Different Sowing and densities

H. Hasanvand[1*]- S. A. Siadat[2]- A. Bakhshandeh[2]- M. R. Moradi Telavat[3]- A. Poshtdar[4]

Received: 05-11-2017
Accepted: 12-02-2018

Introduction: One of the main goals of modern farming is to better understand crop growth and development for optimal use of environmental resources and, consequently, more yield .The study of the growth and development of crops such as Borage (*Borago officinalis* L.) during the growing season allows the sensitive stages of plant life to be identified and managed in an optimal way and for them to achieve high yields. Since the weather condition of each region varies in different seasons, it is difficult to determine the time of sensitive stages of growth to unfavorable environmental conditions. One of the main advantages of determining the phenology of a plant is the optimal use of ecological factors to increase its performance, Because according to the meteorological statistics in each area and the determination of the temperature requirement for each phonological stage and the entire plant growth period, many of the issues of planting, including sowing date and plant density, can be identified at the best possible time and achieved more production. Thus, this experiment carried out in order to assessment of required growing degree days (GDD) phenologic stages and growth borage in different sowing and densities.

Materials and Methods: A field research was conducted as a split plot arrangement based on randomized complete block design (RCBD) with three replications at farm at experimental field of Khouzestan Ramin Agriculture and Natural Resources University, Iran during 2016-2017 cropping season. Five sowing date (15 October, 5 and 25 November, 15 December and 5 January) as main plat and four plant densities including of 6, 10, 14 and 18 plants per m^{-2} as sub plots comprised experimental treatment. Growth degree– day (GDD) accumulation of phenological stages (Emergence initiation, Two true leaves initiation, Flowering stem emergence, Flowering initiation, Full flowering, Seed fill initiation, Complete fill, Seed harvesting initiation, Total growth season), Dry flower yield, Plant height and Leaf area index of borage were measured. Analysis of variance and comparison of means was performed by SAS software and least significant difference test (LSD), 5% level probability, respectively.

Results and Discussion: The results showed that the effect of sowing date on the length of different phonologic periods was significant, but the effect of plant density and the interaction between sowing date and plant density on this trait was not significant. The highest and the lowest growth degree– day from sowing to different stages of growth were obtained on 15 October and 5 January, respectively. With delay in sowing, the average number of days and growth degree– day (GDD) accumulation decreased in most phonologic stages. The effect of sowing date and plant density had significant effect on flower yield and plant height. With 720.8 $kg.ha^{-1}$ of dry flower yield, first sowing date (15 October) was the best treatment. Increasing of plant density was increased plant height, and flower yield. So that the highest dry flower yield was achieved with an average of 586.3 $kg.ha^{-1}$ at a density with 14 plant per m^{-2}. Interaction effect of sowing date and plant density on leaf area index was also significant. So that sowing dates of 15 October at 18 plant per m^{-2} had the highest leaf area index. Determining the relationship between borage phonologic stages and GDD will be very beneficial in applying the principles of management, especially in determining the appropriate sowing date.

1- Ph.D. Student of Agronomy, Department of Plant Production and Genetics Engineering, Faculty of Agriculture, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University
2- Professor, Department of Plant Production and Genetics Engineering, Faculty of Agriculture, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University
3- Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics Engineering, Faculty of Agriculture, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University
4- Department of Plant Production and Genetics Engineering, Faculty of Agriculture, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University
(*- Corresponding Author Email: h1167.hasanvand@gmail.com)

Conclusions: For the highest dry flower yield in Ahvaz climate, the best sowing date for borago was 15 October and the best planting density was 14 plants per m^{-2}. There was also significant correlation between flower yield and growth degree-day (GDD) accumulation showed that the regulation of sowing date is very important for completing growth and development stages.

Keywords: Correlation, Flower yield, Heat requirement, Khuzestan, Leaf area index